

종합병원의 환기설비 사례 연구

A Case Study on the Ventilation System of the General hospital

정 종 림*

Jung, Jong-Rim

Abstract

In many other buildings, hospital is very important because of its function and purpose. A proper building service systems including heating, cooling, ventilation and plumbing systems is required in hospital. Besides, a special systems like medical gas, vacuum cleaning systems are required to prevent contamination as well as cure a patient in hospital.

Ventilation is very important method to keep the indoor pressure and clean class. There are some specific rooms to consider clean class and indoor pressure in the general hospital. In this article, specific rooms were set to operating room, laboratory, ICU, isolation unit, and sterilizer room.

In this case study, design factors of ventilation system, including air changes of OA and TA, indoor pressure, clean class, filter, and material of system, of specific rooms in hospital were proposed through a literature research and a design examples review.

Keywords : Ventilation, General hospital, Clean class, Indoor Pressure, Air changes per hour

약 어 설 명

OA	: 외기(Outdoor Air)
EA	: 배기(Exhausted Air)
SA	: 급기(Supply Air)
RA	: 환기(Return Air)
TA	: 전공기(Total Air)
CFU	: 집락형성단위(Colony Forming Unit)
ICU	: 중환자실(Intensive Care Unit)
NICU	: 신생아 중환자실(Neonatal ICU)
CCU	: 심장 중환자실(Coronary Care Unit)
DSE	: 비색법(Dust-spot Efficiency)
DOP	: 계수법(Dioctyl Phthalate)
CAV	: 정풍량(Constant Air Volume)
FFU	: 팬필터유닛(Fan Filter Unit)
RD	: 릴리프 댐퍼(Relief Damper)
IU	: 감염격리실(Infectious Isolation Unit)
PIU	: 보호격리실(Protective Isolation Unit)
EO	: 산화에틸렌(Ethylene Oxide)
AIA	: 미국건축가협회(American Institute of Architects)
CDC	: 미국질병관리센터(Centers for Disease Control and Prevention)
HEAS	: HEAJ(Healthcare Engineering Association of Japan)의 병원공조설비의 설계·관리지침

ASHRAE : 미국난방공조냉동협회(American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers)

1. 서 론

1.1 연구의 목적

여러 용도의 건축물중에서 병원은 환자의 생명을 다루는 중요한 시설물로서 현대병원은 지속적인 의술과 기술의 발전으로 효과적인 진료를 위하여 설비의 중요성이 증대되고 있다. 적절한 공기조화와 환기설비, 위생설비 그리고 병원의 특수설비가 감염을 방지하고 치료에 많은 도움이 되지만 비교적 비용이 많이 소요되므로 효율적인 설계와 운영상 경제적인 에너지관리가 필요하다.

현대 종합병원은 내과, 외과, 안과, 이비인후과 등 각 과가 내원하는 환자를 취급하는 외래부와 입원하는 장기 치료환자를 취급하는 병동부, 그리고 각종 검사, 촬영, 물리치료, 수술 등의 기능을 수행하는 중앙진료부로 구성된다. 그리고 외래부, 병동부, 중앙진료부를 지원하는 서비스부로 공급부와 관리부가 있다. 공급부는 약제, 중앙재료공급, 세탁, 급식 등의 서비스를 제공하며 관리부는 원무, 수납, 시설관리, 원내복지시설로 구성되어 있다.

이러한 병원의 목적을 달성하기 위하여 일반 건물에서는 고려하지 않았던 또는 그 정도가 심하지 않았던 실내 청정도와 실내압, 그리고 실내에서 발생하는 오염공기를 안전하게 배출하여야 하는 실이 다수 존재한다.

* 정회원, 삼신설계주식회사 이사, 공학박사

여기서는 이러한 실의 환기방법을 고찰하고 제안하여 설계시 참고할 수 있는 자료를 제공하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

병원 특수실의 환기방법을 제안하고자 하는 연구의 목적을 달성하기 위하여 국내의 기준이 미비한 관계로 여기서는 미국의 ASHRAE와 일본의 HEAS 등 문헌고찰을 중심으로 연구를 진행하였으며, 국내 설계사례를 검토하여 병원내 특수실의 환기방법을 설정하였다.

이번 연구의 범위는 병원내에서도 환기에 특별한 고려를 하여야 하는 몇 개 용도실을 대상으로 선정하였다. 중앙진료부의 수술실, 검사실(일반, 미생물)과 병동부의 중환자실, 격리병실, 그리고 중앙재료공급부의 소독실을 이번 연구의 범위로 한정하였다.

2. 병원 환기 개요

2.1 병원 환기의 특성

일반적으로 환기는 오염된 실내공기를 실외로 배출하고 신선한 외기를 실내로 유입시키므로써 재실자의 쾌적성을 향상시키는 역할을 한다. 하지만 병원에서의 환기는

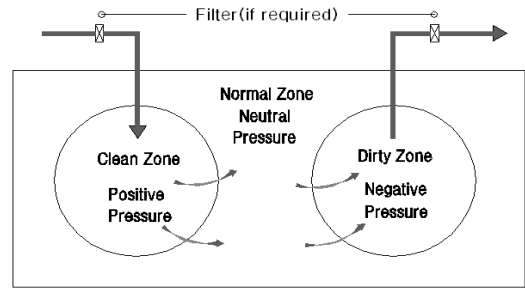


그림 1. 병원 환기 개념

쾌적성의 향상이라는 기능보다 더욱 중요한 역할을 한다.

병원내 교차오염의 방지를 위하여 기본적으로 오염발생실은 음압을 형성시키며, 청정이 요구되는 실은 양압을 유지시킨다. 필요한 경우 오염공기의 배기측에 필터를 적용한다(그림 1).

공기의 압력차는 실이 밀폐되어 있어야 유지되므로 건축공사도 중요하다. 압력차의 유지가 필요하면서 인원의 출입이 필요한 경우 적절한 전실 또는 완충공간이 필요하다.

외기 도입구나 배기구의 위치 선정시에도 다른 건물의

표 1. Clean class and Ventilation condition in Hospitals(HEAS-02-1998)

clean class	zone	summary	rooms (representative)	minimum air changes		terminal filter efficiency	reference index
				OA	TA		
A. medical service zone							
I	intensive clean zone	laminar flow and positive pressure are required	asepsis operating room	5	1)	DOP 99.97%	under 10 CFU/m ³ class 100
			asepsis patient room	5			
II	normal clean zone	laminar flow is not necessary, positive pressure is required	operating room	5	20	(over DOP 95%) ²⁾	under 200 CFU/m ³ class 10,000
			sterile corridor	5			
			asepsis pharmacy	5			
			sterile room	5			
III	semi-clean zone	cleanness between II and IV zone and positive pressure are required	recovery room	3	10	(over DSE 90%)	under 200 CFU/m ³ class 100,000
			NICU, ICU, CCU	3			
			special Lab. ³⁾	3			
			delivery room	3			
IV	common zone	common area, neutral pressure is maintained	patient room	2	6	over DSE 60%	aim at 200-500 CFU/m ³
			exam. room	2			
			waiting room	3			
			X-ray(diagnostic)	2			
			physical therapy	3			
V	contamination control zone	pollutant treating or odor emitting rooms, negative pressure is required	bacteriology Lab.	all EA	12	over DSE 60%	-
			isolation room	all EA			
			autopsy room	all EA			
			soiled linen storage	all EA			
			bedpan room	all EA			
B. normal zone							
VI	normal zone	non medical zone, common rooms	office, meeting room	2	6	(over DSE 60%)	-
			dining room	2			
VII	preventing pollutant spreading zone	negative pressure is required to prevent odor or dust spreading	toilet	-	10	-	-

1) Air velocity of vertical laminar flow is about 0.35m/s.

2) The contents inside of "()" is desirable.

3) They include cardiac catheterization, cystoscopic rooms and etc.

경우보다 세심한 고려가 필요하다. 신선한 외기를 도입하기 위하여 외기도입구를 오염원과 가능한 한 멀리 그리고 다른 방향으로 배치하며, 배기구의 위치도 오염도가 높은 배기(예를 들어 검사실배기, 주방배기 등)의 경우 조심스럽게 배치하여야 한다. 일반적인 설치위치는 지붕에서 위로 향하도록 하며 외기도입구로부터 수평적으로 멀리 떨어지게 한다.

병동부의 적정한 온습도와 실내공기질의 유지가 환자의 빠른 회복에 중요한 역할을 하며 특히 격리병실이나 중환자실에서의 환기는 신선외기의 공급뿐만 아니라 교차오염의 방지와 실내 청정도의 확보를 위한 실내압 유지를 위한 중요한 수단이 되기도 한다.

또한 진료의 중심적 역할을 수행하는 중앙진료부의 수술실, 각종 검사업무를 수행하는 검사실, 지원부서인 공급부의 소독실 등 병원내 특수한 목적을 가진 실의 기능을 원활하게 수행하게 하기위하여 정밀한 온습도와 청정도의 제어를 통한 적정 환경을 제공하여야 하며, 환기가 적정 환경을 조성하는데 중요한 수단이 되고 있다.

2.2 청정도와 환기조건

병원 내 각 실의 용도에 따라 요구되는 청정도와 환기 방법이 상이하다. 최종 청정도와 환기의 설계는 사용자의 요구사항(owner's requirement)을 고려하여 결정하지만

표 2. OA Requirements for Ventilation (ASHRAE Standard 62-2001)

Application	Estimated Maximum Occupancy (P/100m ²)	Outdoor Air Requirements	
		(CMH/P)	(CMH/m ²)
Patient rooms	0.1	47	-
Medical procedure	0.2	29	-
Operating rooms	0.2	54	-
Recovery and ICU	0.2	29	-
Autopsy rooms	-	-	9
Physical therapy	-	29	-

일본의 병원설비협회에서는 일반적인 청정도 요구조건을 실별로 설정하고 환기조건을 제시하고 있다(표 1).

미국의 ASHRAE에서도 Handbook에 병원 내 각 구역의 환기조건을 제시하고 있다(표 3~5). ASHRAE의 경우 병원 각 부문별로 그룹을 설정하고 각 실별 실내압과 최소외기량, 환기량, 전배기의 필요여부, 실내재순환 가능여부를 제시하고 있으며, ASHRAE Standard에서는 필요외기량을 제안하고 있다(표 2).

따라서 설계자는 이러한 자료와 기존 설계를 참고하고 사용자의 의견을 청취하여 설계를 진행하고 있지만 공신력있는 국내 기준이 필요하다고 판단된다.

표 3. 병원 내 각 구역의 환기요구조건-1 (2003 ASHRAE Applications Handbook, chapter 7 Health Care Facilities, pp.7.6~7.7)

공 간	인근구역과의압력관계 ^a	최소 외기량 회/h ^b	최소 환기량 회/h ^c	외부로 의 전 배기 ^m	공기의 실내 재순환 ^d	상대 습도 ⁿ %	실내 온도 ^o °C
수술부 및 중앙진료부							
수술실(재순환)	Positive	5	25	-	No	45-55	17-27
수술실/방광경 외과수술실 ^{e,p,q}	Positive	5	25	-	No	45-55	20-23 ^r
분만실 ^p	Positive	5	25	-	No	45-55	20-23
회복실 ^p	*	2	6	-	No	45-55	24±1
중환자실	*	2	6	-	No	30-60	21-24
신생아 중환자실	*	2	6	-	No	30-60	22-26
저치실 ^s	*	-	6	-	-	30-60	24
신생아실	Positive	5	12	-	No	30-60	24-27
응급실 ^{f,s}	Positive	5	12	-	No	45-55	17-27
마취가스저장실	Negative	-	8	Yes	-	-	-
위내시경실	Negative	2	6	-	No	30-60	20-23
기관지경실 ^q	Negative	2	12	Yes	No	30-60	20-23
응급대기실	Negative	2	12	Yes	-	30-60	23±1
환자대기실	Negative	2	12	Yes	-	-	21-24
방사선과 대기실	Negative	2	12	Yes ^{t,u}	-	-	21-24
간호부							
병실	*	2	6 ^v	-	-	30(W), 50(S)	24±1
화장실 ^g	Negative	Optional	10	Yes	No	-	-
신생아실	*	2	6	-	No	30-60	22-26
환경보호실 ^{l,q,w}	Positive	2	12	-	No	-	24
공기감염격리실 ^{h,q,x}	Negative	2	12	Yes ^u	No	-	24
격리실 전실 ^{w,x}	Pos/Neg	2	10	Yes	No	-	-
진통/분만/회복/산후(LDRP)	*	2	6 ^v	-	-	30(W), 50(S)	24±1
일반 복도	Negative	2	2	-	-	-	-
환자 복도	*	2	4	-	-	-	-

표 4. 병원 내 각 구역의 환기요구조건-2
(2003 ASHRAE Applications Handbook, chapter 7 Health Care Facilities, pp.7.6~7.7)

공 간	인근구역 과의압력 관계 ^a	최소 외기량 회/h ^b	최소 환기량 회/h ^c	외부 로의 전배기	공기의 실내 재순환 ^d	상대 습도 ⁿ %	실내 온도 ^o ℃
보조부							
방사선 ^y						40(W),	
X선(진단, 치료)	*	2	6	-	-	50(S)	26-27
X선(외과, 카테터술)	Positive	3	15	-	No	30-60	21-24
암실	Negative	2	10	Yes ^f	No	-	-
일반 실험실 ^y	Negative	2	6	Yes	No	30-60	23±1
세균 실험실	Negative	2	6	Yes	No	30-60	23±1
생화학 실험실 ^y	Positive	2	6	-	No	30-60	23±1
세포 실험실	Negative	2	6	Yes	No	30-60	23±1
유리세척 실험실	Negative	Optional	10	Yes	-	-	-
조직 실험실	Negative	2	6	Yes	No	30-60	23±1
미생물 실험실 ^y	Negative	-	6	Yes	No	30-60	23±1
해의학 실험실	Negative	2	6	Yes	No	30-60	23±1
병리학 실험실	Negative	2	6	Yes	No	30-60	23±1
혈청학 실험실	Positive	2	6	Yes	No	30-60	23±1
살균 실험실	Negative	Optional	10	Yes	No	30-60	23±1
매체 전이 실험실	Positive	2	4	-	No	30-60	23±1
해부실 ^q	Negative	2	12	Yes	No	-	-
시체보관실(비냉동, 단기) ^k	Negative	Optional	10	Yes	No	-	21
약국	Positive	2	4	-	-	30-60	23±1
관리부							
접수 및 대기실	Negative	2	6	Yes	-	30-60	23±1
진단 및 치료							
기관지경, 타액채취, 펜타	Negative	2	12	Yes	-	30-60	23±1
미딘 투약실							
검사실	*	2	6	-	-	30-60	23±1
약물치료실	Positive	2	4	-	-	30-60	23±1
처치실	*	2	6	-	-	30(W),	23±1
						50(S)	
물리치료실, 수치료실	Negative	2	6	-	-	30-60	22-26/27
오염작업실 및 창고	Negative	2	10	Yes	No	30-60	22-26
청결작업실 및 창고	Positive	2	4	-	-	-	-

a 지속적인 압력유지가 필요치 않는 경우에도 압력변동은 최소화되어야 하며, 압력제어의 실패로 한구역에서 다른구역으로 감염이 확산되어서는 않된다. 기능적인 구역(실간 또는 부서간)의 경계에서는 방향성있는 제어가 이루어져야 한다. 루이스(1988)는 공기추적 제어를 이용한 압력제어방법을 서술하였다. 환기설비는 청결구역에서 오염구역으로 공기가 이동하도록 설계되어야 한다. 만약 에너지절약을 위하여 VAV나 다른 말단기구를 이용하였다면 이표에서 요구하는 압력균형이나 최소환기회수를 손상시켜서는 않된다

b 이 표에서 제시하는 환기회수는 쾌적뿐만아니라 무균상태와 냄새제어를 위한 환기량을 포함한다. 환기회수가 명기되지 않은 구역에는 ASHRAE Standard 62(Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality)에 의한 환기량을 적용한다. 외기요구량이 이 표보다 많은 경우에는 많은 값을 이용한다.

c 여기서 환기회수는 공급되거나 배기되는 공기량이다. 압력관계가 유지되는 한 비사용실의 환기회수는 줄일 수 있고 공간이 사용되면 다시 환기회수를 재설정할 수 있다. 표시된 환기회수는 최소치이다. 실의 냉방부하(조명, 장비, 인체, 외벽과 창 등)에 대응하여 실내온습도를 유지하기 위하여 더 높은 환기회수가 적용될 것이다.

d 감염제어를 위하여 (가열코일 또는 냉각코일 없이) HEPA 필터유닛으로 공기를 재순환시키는 것은 허용된다. 방열기나 컨벡터 같은 자연순환식(gravity-type) 냉난방유닛은 수술실이나 다른 중요실(special-care area)에 사용하면 않된다.

e 수술실에서는 관련규정이 요구하거나 열회수장비가 설치되었을 경우에만 100% 외기를 이용한다.

f 여기서 "Trauma(외상) room"은 사고 환자의 최초 치료에 이용되는 응급실을 의미한다. 응급수술에 사용되는 응급센터내의 수술실은 일반 수술실과 같이 취급되어야 한다.

g 중앙화장실 배기시스템의 설계에 관해서는 병실부분을 참고한다.

h 여기서 "공기감염격리실(airborne infectious isolation room)"은 평균적인 지역병원의 감염환자를 위한 실이다. 실은 음압으로 유지된다. 분리된 전실이 있을 수도 있다. 더 많은 정보를 알려면 공기감염격리실 부분을 참고한다.

i 환경보호실(protective-environment room)은 면역억제 환자를 위해 이용되며 환자를 보호하기 위하여 양압으로 유지된다. 보통 전실이 필요하며 병실에 비해 음압으로 유지된다.

j 만약 암실 장비에 배기덕트가 연결되어 있고, NIOSH와 OSHA의 환기기준과 종사자의 노출기준을 충족시키면 모든 공기를 배기할 필요는 없다.

k 비냉동 시체보관실은 해부(부검)를 하지 않는 병원에서만 필요하며 시체가 이송되기까지 단시간 대기하는 공간으로 이용된다.

l 조리부(food preparation center)는 후드가 작동하지 않을 때 실이 양압이 걸리도록 충분히 공기가 공급되어야 한다. 비사용시에는 냄새제어를 위한 환기회수를 줄이거나 변화시킬 수 있다. 최소환기회수는 주방배기량을 적절히 보충시켜줄 수 있도록 해야 한다(31장 주방배기 참조). 또한 출구 통로를 통하여 들어오거나 빠져나가는 공기는 출구통로의 제한과 요구압력에 관한 NFPA 기준 90A와 96를 준수하여야 한다(AIA(2001), section7.31. D1.p. 참조)

표 5. 병원 내 각 구역의 환기요구조건-3
(2003 ASHRAE Applications Handbook, chapter 7 Health Care Facilities, pp.7.6~7.7)

공 간	인근구역 과의압력 관계 ^a	최소 외기량 회/h ^b	최소 환기량 회/h ^c	외부 로의 전배기	공기의 실내 재순환 ^d	상대 습도 ⁿ %	실내 온도 ^o ℃
소독 및 공급							
ETO 소독기실	Negative	-	10	Yes	No	30-60	22-26
소독장비실	Negative	-	10	Yes	No	30-60	23±1
중앙공급부							
오염제거실	Negative	2	6	Yes	No	30-60	22-26
청결작업실	Positive	2	4	-	No	30-60	22-26
청결 창고	Positive	2	4	-	-	50미만	23±1
서비스부							
조리부 ¹	*	2	10	Yes	No	-	-
식기세척	Negative	Optional	10	Yes	No	-	-
식자재창고	*	Optional	2	-	No	-	-
일반 세탁실	Negative	2	10	Yes	No	-	-
오염된 분류 및 창고	Negative	Optional	10	Yes	No	-	-
청결된 분류 창고	Positive	2(Optional)	2	-	-	-	-
린넨 및 쓰레기 슈트	Negative	Optional	10	Yes	No	-	-
변기세척기실(오물처리실)	Negative	Optional	10	Yes	No	-	-
욕실(화장실)	Negative	Optional	10	Yes	No	-	22-26
청소도구실	Negative	Optional	10	Yes	No	-	-

(W)=winter

(S)=summer

*=Continuous directional control not required

- m 오염이나 냄새문제가 있는 구역의 배기는 반드시 외부로 해야 하며 다른 구역으로 재순환시켜서는 않된다. 외부로 배기되는 공기에 특별한 고려가 필요한 개별적인 환경(예를 들면 폐질환 감염환자를 치료하는 중환자실이나 화상환자의 병실)이 있다. 배기조건을 만족시키기 위하여 교체되는 외기가 필요하다. 시스템의 운전 중에 일정한 양의 최소외기량이 확보되어야 한다.
- n 여기 열거된 상대습도는 제어가 필요한 경우의 최소치와 최대치의 범위이다. 이 범위는 실의 온도와 독립적이진 않다. 예를 들어, 온도가 온도범위에서 높은 쪽이면 습도도 범위 내에서 높은 편이고 그 반대도 성립한다.
- o 시스템은 일상 운영시에 실의 모든 구역을 온도범위내로 유지시켜야 한다. 하나의 온도로 표시된 실에는 그 온도를 유지시키기 위한 난방능력이 요구된다. 이런 실은 환자가 옷을 벗어 따뜻한 환경이 필요한 경우에 일반적으로 적용된다. 환자의 쾌적이나 의료 환경이 요구될 경우 낮은 온도가 허용된다.
- p 여분의 마취가스와 아산화질소(N₂O)에 관한 NIOSH 기준 75-137과 96-107에 의하면 그런 가스를 이용하는 구역에 국부배기장치와 일반 환기가 필요하다.
- q 실과 통로와의 압력차는 최소 2.5Pa(0.255mmAq)이상이어야 한다. 감시경보장치가 설치되는 경우에는 오경보를 방지하기 위한 허용 오차를 두어야 한다.
- r 몇몇 외과의사나 수술과정에서 설정 범위 밖의 실내온도가 요구될 수도 있으므로 수술실의 설계조건은 모든 사용자, 의사, 마취의사, 수술스텝에 맞추어 만들어져야 한다.
- s 사고환자의 응급치료를 위한 응급실은 처치실(treatment room)처럼 환기시킨다. 아산화질소를 이용한 저온수술을 행하는 처치실에는 여분의 가스를 배기하는 설비를 갖추어야 한다.
- t 재순환되는 환기시스템에서는, 외부로 배기시키는 대신 HEPA 필터를 이용할 수도 있다. 재순환(리턴)되는 공기는 다른 공간에 도입되기 전에 HEPA 필터를 통과시켜야 한다.
- u 만약 공기감염 격리실에서 외부로 배기되는 공기가 쓸모가 없으면, HEPA 필터를 통과하여 단독으로 격리실을 담당하는 공조기로 리턴될 수도 있다.
- v 병실이나 진통/분만/회복/산후실의 전체 환기회수는 보조 난방시스템(복사난방, 베이스보드 난방 등)을 이용하는 경우 6회에서 4회까지 줄일 수 있다.
- w 환경보호실(protective-environment)의 기류설계는 환자를 일반 환경의 공기 중 감염성 세균으로부터 보호하는 것이다. 청결한 환자구역으로부터 덜 청결한 구역으로 기류가 흐르도록 하여야 한다. 0.3µm에서 99.9%의 효율을 가진 HEPA 필터를 급기쪽에 적용하여 환기시스템내의 일반 세균으로부터 병실을 보호한다. 실의 환기회수를 증가시키기 위하여 HEPA 필터로의 재순환이 적용될 수 있다. 안정된 환기를 위하여 정풍량방식이 요구된다. 설계기준에서 환경보호실에 공기감염격리가 필요하다고 요구하면 전실이 설치되어야 한다. 공기의 흐름을 바꿀 수 있는 설비는 금지된다(AIA 2001).
- x 여기서 "전염병 격리실(infectious disease isolation room)"은 홍역, 수두, 결핵 같은 전염병의 공기전염을 격리하는데 이용되는 실이다. 격리가 필요하지 않는 경우에는 일반병실로도 이용할 수 있도록 한다. 실의 환기회수를 증가시키기 위하여 보조 재순환장비를 이용할 수도 있지만 보조장비는 외기요구를 해결하지는 않는다. HEPA 필터를 이용하는 경우 실별로 공기가 재순환될 수도 있다. 공기의 흐름을 바꿀 수 있는 설비는 금지된다(AIA 2001).
- y 필요한 경우, 유독성 가스와 증기에 대비하여 적절한 후드와 배기장비를 설치한다(AIA(2001) 7.31.D14와 7.31. D15 및 NFPA 기준 99 참조)
- z 연기추적(smoke trail), 튜브속불(ball-in-tube), 천의 필러임(flutterstrip) 같은 간단한 방법으로 기류의 방향을 알 수 있다. 이런 장치는 최소차압이 필요하다. HEPA 필터를 적용한 재순환 장비는 기존 병원에서 임시로 또는 보조장치로 감염제어를 위한 장비로 이용될 수 있다. 설계 제약조건은 반드시 알아야 한다. 이동식 장비건 고정된 설비건 기류의 정체와 순환부족(short-circuiting)을 방지하여야 한다. 청정 기류가 작업구역에서 오염원을 거쳐 배기로 흐르도록 급기구와 배기구를 배치하여 작업자가 오염원과 배기 사이에 위치하는 것을 방지한다. 시스템은 정기적으로 수행되는 유지보수와 청소작업이 용이하도록 설계되어야 한다.

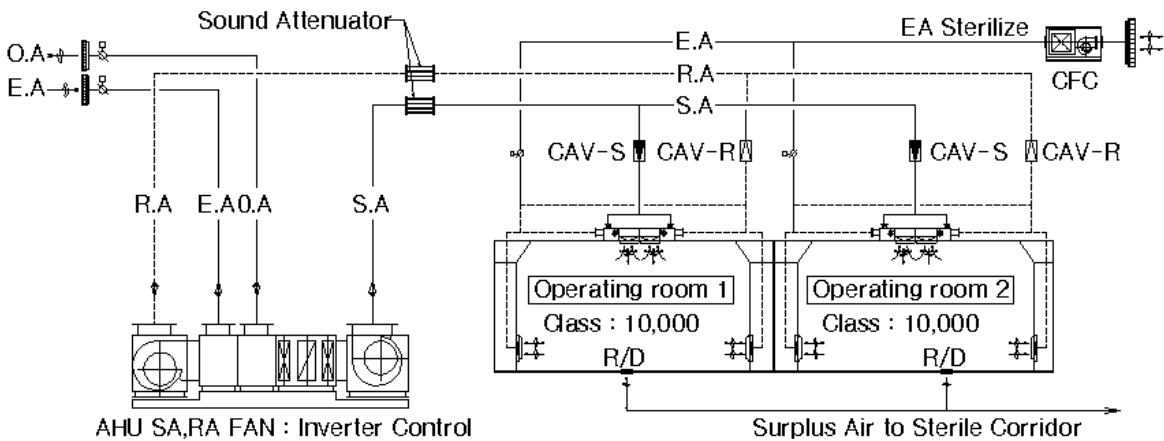


그림 2. Schematic diagram of the Operating room ventilation

3. 병원 특수실의 환기 방법

3.1 수술실의 환기

수술실은 중앙진료부에서도 인간의 생명을 직접 다루는 중요한 실로 정밀한 온도도와 청정도제어가 필수적이다. 천정에서 공기를 취출하여 아래쪽으로 이동시켜 벽의 하단부에 설치된 환기구(배기구의 하단부는 바닥위 최소 75mm 이상 이격)로 재순환시킨다(그림 2).

이때 일부 공기는 공조기로 환기(RA)시키며 나머지 공기는 공조기로부터 취출된 급기와 혼합되어 FFU를 거쳐 실내로 취출된다. 무균수술실은 class 100, 일반수술실은 class 10,000을 유지시켜주는 것이 일반적이다. 외기량은 환기회수 5회, 전체 순환공기량은 무균수술실의 경우 0.35m/s의 수직층류기류를 형성시키고 일반수술실의 경우 20-25회 이상으로 계획한다. 실제 수술실 전문업체에서는 더 많은 환기회수를 제안하고 있다.

그 외의 실에서도 일반 기준과 전문업체의 권장기준이 상이한 경우(표 6)가 많아 설계과정에서 확인 및 협의가 필요하다.

마취가스를 사용하는 수술실에서 잉여 마취가스의 배출장치가 없는 경우 환기회수 10회 이상의 외기가 요구되는 경우도 있다.

실내는 청정도를 확보하기 위하여 양압을 유지하여야 하며, 수술 후 소독가스를 배기하기 위하여 별도의 배기설비를 설치한다. 수술실과 통로와의 압력차는 최소 2.5Pa (0.25mmAq) 또는 15 Pa(1.5mmAq) 이상이어야 한다.

오염방지를 위하여 청정도가 높은 실에서 낮은 실로 공기가 흐르도록 실내압을 유지시킨다(그림 3). 일반적으로 수술실, 청결복도, 인접 타구역으로 공기가 흐르도록 실내압을 조절하며 수술실내 잉여공기는 수술실과 청결복도사이에 차압댐퍼(또는 RD)를 설치하여 실내에 과도한 양압이 걸리지 않도록 한다.

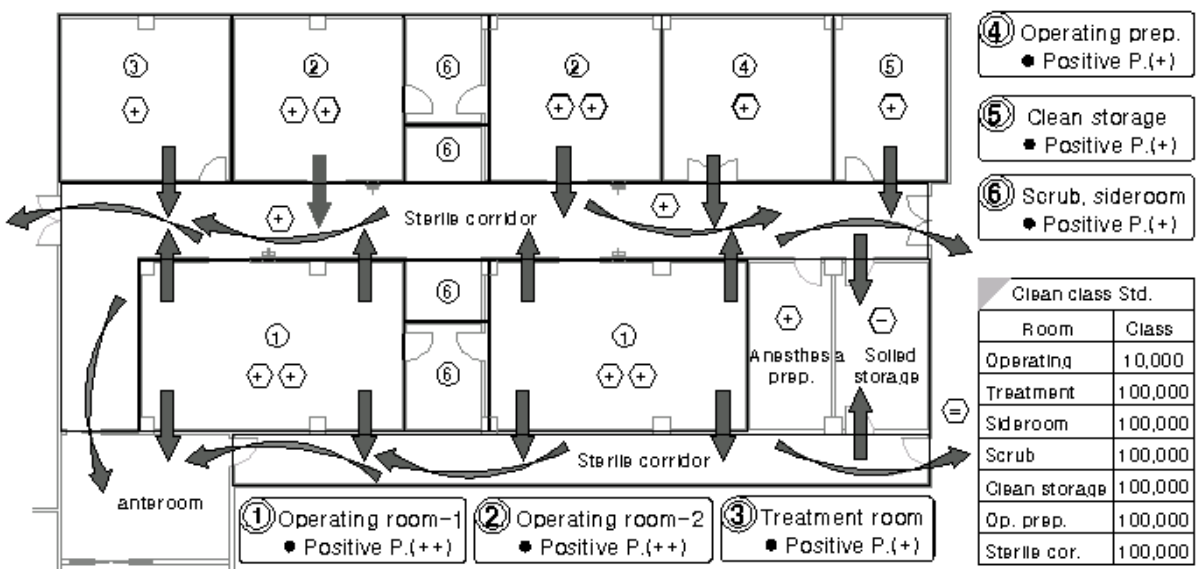


그림 3. Pressure relation and clean class of the Operating department

표 6. 병원 대표실의 환기 풍량 기준 비교

구분	ASHRAE	HEAS	A사례	B사례	전문업체
수술실	25(5)	20(5)	50-100	-	40-50
청결복도		15(3-5)	18	-	25-30(3)
검사실 (일반)	6(2)	10(3)	7	-	-
(미생물)	6(6)	12(12)	9	15(5)	-
중환자실	6(2)	10(3)	20	20	25-30(3)
격리실	12(2)	10(10) 15(5)	51	12-15-20	40-50(5)
소독실	10(10)	10(10)	-	30	-
EO가스실	10(10)	-	9	20	-

주) ()는 외기량

3.2 검사실의 환기

검사실의 공조는 근무자의 쾌적을 위하여, 그리고 환기는 안전을 위하여 필요하다. 일반적으로 외기량은 환기회수 2-3회, 전공기량은 6-10회로 계획하며 실내는 음압을 유지한다. 공조기에서 환기(RA)를 받을 수도 있다.

심혈관 조형실, 방광경실 등 특수한 검사실은 class 100,000 수준의 청정도를 확보하여야 하며, 미생물 검사실같이 실내에서 유해물질을 취급하는 경우는 환기회수 6-12회의 풍량을 공급하고 환기(RA)없이 전배기한다. 청정도는 필요에 따라 설정한다(그림 4).

방사성물질이나 감염물질을 다루는 경우에는 배기측에 적절한 필터를 설치한다. 방사성물질, 휘발성 용제, 과염소산 같은 강한 산화제를 이용하는 후드의 배기덕트는 스테인레스로 제작하여야 하며 포르말린을 사용하는 경우 실하부측에도 배기구를 설치한다.

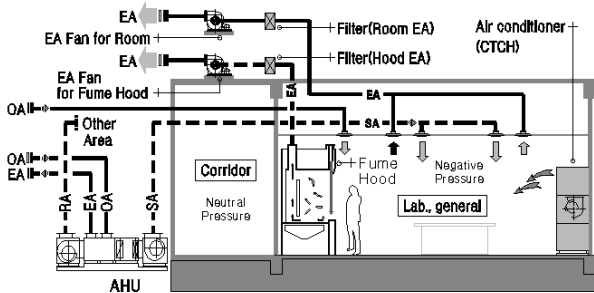


그림 4. Ventilation of the Lab., General

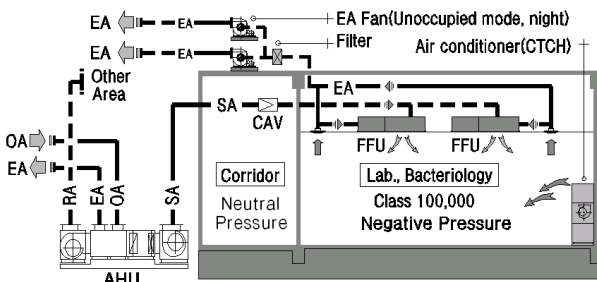


그림 5. Ventilation of the Lab., Bacteriology

흡후드를 이용하는 경우 실배기와는 별도로 흡후드 전용의 배기설비를 설치하고 흡후드배기량에 상당하는 외기를 급기하도록 하여 평소에는 실배기만 하고 흡후드사용시에는 흡후드에 필요한 풍량을 급배기하도록 한다.

병원내 특수실 중에서도 검사실은 사용자와의 긴밀한 협의를 통하여 사용자의 요구사항을 충분히 설계에 반영할 필요가 있다. 그림 5의 미생물 검사실의 경우 청정도를 유지하면서 음압을 형성하여야 하므로 건축설계자와의 협의(실의 기밀성과 전실의 설치 등)가 필요하며, 설비적으로도 지나친 기류가 형성되지 않도록 기속을 최소로 제한하는 것이 필요하다. 또한 비사용시에도 음압을 유지하여야 하므로 운전비를 고려하여 야간용으로 소형 송풍기를 고려하도록 한다.

3.3 중환자실의 환기

중환자실은 중증의 환자를 집중적으로 치료하는 입원실로 환기량은 외기량 2-3회, 전풍량 6-10회로 하고 양압을 유지하도록 한다. 청정도는 class 100,000이 일반적이며 사용자와의 협의에 따라 변경할 수도 있다(그림 6).

감염의 우려가 없는 경우 공조기에서 환기(RA)를 받을 수도 있으나 방열기나 팬코일같은 말단유닛에 의한 실내공기의 재순환은 금지한다. 보통 오염의 우려 때문에 class 100,000 이상의 청정도가 요구되는 실에서는 이러한 실내순환기는 사용하지 않도록 한다.

3.4 격리병실의 환기

격리병실은 보통 감염격리실(IIU)을 지칭하며 이러한 격리실은 환자(홍역, 수두, 결핵 등)의 전염병균으로부터 병원을 보호하기 위하여 격리실내 공기가 다른 구역으로

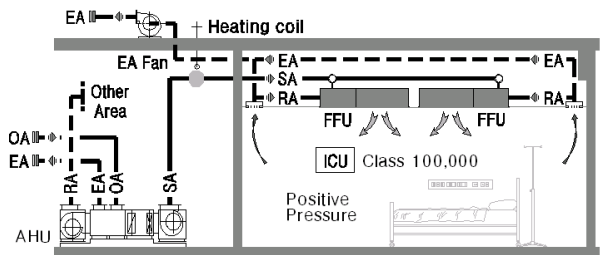


그림 6. Ventilation of the ICU

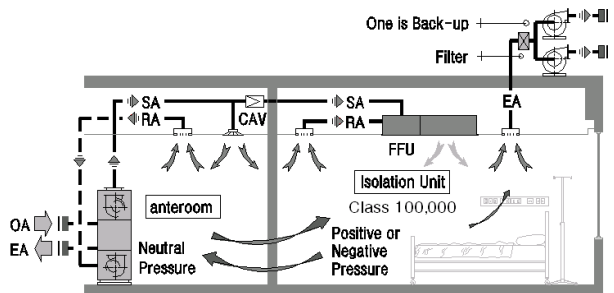


그림 7. Ventilation of the Isolation Unit

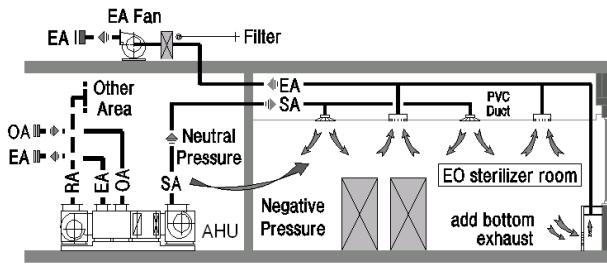


그림 8. Ventilation of the EO sterilizer room

확산되지 않도록 실내를 항상 음압으로 유지시킨다. 병실 내 공기의 유출을 방지하기 위하여 진실을 설치하는 것이 바람직하며 환기량은 10-12회로 전배기한다.

이와는 반대로 면역억제 상태인 환자(골수이식, 장기이식, 백혈병, 화상환자 등)를 수용하는 보호격리실(PIU)이 있으며, 이러한 병실은 높은 고청정도가 요구되며 배출된 무균공기가 환자를 거쳐 바닥 근처에서 환기되도록 계획한다. 환기회수는 무균병실(class 100)의 수준으로 선정하며 실내는 양압을 유지한다(그림 7).

급배기 풍량을 변경시켜 실내의 압력을 조절할 수 있는 전환격리실(switchable isolation room)이 있는데 뎀퍼 유지와 감염관리상의 어려움을 이유로 AIA와 CDC는 이러한 실의 설치를 권장하고 있지 않는다.

3.5 소독실의 환기

중앙공급부의 소독실은 사용 후의 오염된 의료기구 등을 재사용하기 위하여 세척하고 소독하는 장소이다. 세척구역, 소독구역, 창고구역으로 구분되며 공기는 청결물 창고와 소독구역에서 오염된 세척구역으로 흐르게 한다.

일반 의료기구는 증기를 이용하는 소독기로 소독을 하지만 고열의 증기가 의료기구에 해를 끼치는 경우 EO가스 소독기를 흔히 이용한다(그림 8). 증기소독기의 경우 발열이 많아 충분한 환기를 해주어야 하며, EO가스는 공기보다 무겁고 부식성이 있으므로 덕트재료를 PVC나 스테인레스로 고려하고 배기구도 실의 상하부에 설치하도록 계획한다. 실내는 음압으로 유지하며 환기회수 10회의 풍량으로 전배기 한다.

4. 결론

이상으로 종합병원내 몇 개 특수실의 환기에 관하여 설계사례를 중심으로 살펴보았다. 병원의 환기는 치료와 오염방지의 관점에서 고려하여야 하며 다른 용도의 건물보다 사용자와 전문업체와의 긴밀한 협의가 필요하다.

기준으로 참고할 만한 국내 사례가 충분하지 않으므로 이러한 자료의 축적과 기준설정이 필요하다 생각되며 이번 사례연구 결과 병원의 환기계획시 고려하여야 할 일 반사항은 다음과 같다.

- (1) 청정도가 높은 실에서 청정도가 낮은 실로 기류가 흐르도록 실내압을 설정한다.
- (2) 청정이 요구되는 실은 양압으로, 오염물질이 발생하는 실은 음압으로 실내압을 조절한다.
- (3) 오염물질이 발생하는 실의 배기는 발생하는 오염물질에 따라 필터설치 여부, 배기설비의 재료, 배기구의 위치 및 전배기 필요여부를 판단하여야 한다.
- (4) 청정이 요구되는 실은 팬코일유닛 등 실내순환기구의 설치를 배제한다.
- (5) 중요실의 배기팬은 비상시를 대비하여 복수로 계획하고, 상시 음압이 요구되는 실은 에너지절약측면에서 실의 사용시와 비사용시에 운전되는 상시용량과 최소용량의 배기팬의 설치를 고려한다.
- (6) 진실의 설치나 고도의 기밀성이 필요한 실은 건축 계획 초기단계에서 협의되어야 한다.

끝으로 이 원고는 필자가 설비공학회 2004 하계학술발표회에 발표하였던 원고를 수정·보완하여 구성한 것임을 밝히며, 설비설계 실무자에게 조금이라도 참고가 되기를 바란다.

참고문헌

1. 이경희, 건축환경계획, 문운당, 1999.
2. 유동열 외, 건축설비계획, 문운당, 1997.
3. Jung, J. R., Byoung, T. O., Kim, H. J., 2004, A Case Study on the Ventilation of the Specific Rooms in General hospital, Proceedings of the SAREK, pp. 225-230.
4. ASHRAE, 2003, ASHRAE Handbook, HVAC Applications, Chap. 7 Health Care Facilities.
5. Healthcare Engineering Association of Japan, 1998, Design and Management Guide of the HVAC of Hospitals, HEAS-02-1998, pp. 6-12.
6. ASHRAE, 2001, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ASHRAE Standard 62-2001, Section 6, p. 10.
7. Ian B.D. McIntosh, Chad B. Dorgan, Charles E. Dorgan, 2001, ASHRAE Laboratory Design Guide, pp. 32-34.
8. Byun, U. S., 2003, HVAC Design Example of Gwangju Veterans Hospital, Journal of Korean Association of Air Conditioning, Refrigerating and Sanitary Engineers, Vol. 20, No. 8, pp. 69-76.